Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Vorstand: Prof. Dr. Peckert

Die Abbindungszeiten, Druckfestigkeit und Stoßfestigkeit von Zink- und Aluminiumphosphatzementen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen
vorgelegt

von

Richard von Hofen

Zahnarzt aus Stuttgart

Druck der Buchdruckerei Eugen Göbel in Tübingen
1931

Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät

Dekan: Prof. Dr. Haffner.

Referent: Prof. Dr. Wannenmacher.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Seit Bestehen der konservierenden Zahnheilkunde war es der Wunsch der Zahnärzte, ein Füllungsmaterial zu besitzen, das nicht nur haltbar und leicht zu verarbeiten war, sondern auch der natürlichen Zahnfarbe nahezu gleich kam.

Dieser Wunsch wurde erfüllt, als Ascher und Steenbock im Jahre 1905 mit dem neuen Aluminiumphosphatzement auf den Markt kamen. Dieser Zement war nicht nur einfacher zu verarbeiten wie die bis dahin im Gebrauch befindlichen Zinkphosphatzemente, sondern hatte vor diesen den Vorzug, daß er der Transparenz des lebenden Zahnes nahezu gleich kam.

Allerdings hafteten diesem neuen Zement verschiedene Mängel an, die die Fachwelt nach anfänglicher Begeisterung für diesen Silikatzement etwas enttäuschen ließ. Das war neben der mangelhaften Kantenfestigkeit und Schleifhärte in der Hauptsache das Absterben der Pulpa unter Silikatzementfüllungen.

Es setzte nun ein großer Wettbewerb aller interessierten Kreise ein, der eine Besserung bzw. ein Verschwinden dieser Mängel zum Ziele hatte.

Das Resultat war eine Menge neuer Silikatzemente, von denen allerdings verschiedene sofort wieder verschwanden, da sie den an sie gestellten Forderungen in keiner Weise standhalten konnten.

Die andern, heute noch im Gebrauch befindlichen Silikatzemente auf ihre Brauchbarkeit mit besonderer Berücksichtigung ihrer Abbindungszeiten, Druck- und Stoßfestigkeit, zu untersuchen, soll nun meine Aufgabe sein.

Einer der Ersten war Kulka, der in den Jahren 1905 und 1907 hauptsächlich Aschers künstlichen Zahnschmelz eingehenden Untersuchungen unterzog.

Seine Erfahrungen stützten sich aber in erster Linie auf die Erfahrungen, die er an Patienten machte, da man damals einesteils glaubte, nur brauchbare Resultate bei Mundverhältnissen zu erhalten, andernteils die Apparate zu Laboratoriumsversuchen noch nicht hatte.

Zur Prüfung der Härte benutzte Kulka damals die Mohs'sche Härteskala, die folgende Stufen umfaßt:

1. Talk
2. Gips
3. Kalkspat
4. Flußspat
5. Apatit
6. Feldspat
7. Quarz
8. Topas
9. Korund
10. Diamant.

Er ritzte nun den zu prüfenden Zement mit diesen Stufen und erhielt so eine relative Anschauung über die Härte der Prüfungskörper.

Eine genauere Methode zeigt ein Jahr später Morgenstern in seinen Untersuchungen. Dieselben wurden nicht bei Mundverhältnissen ausgeführt, da Morgenstern einsah, daß diese nicht exakt nachzuahmen waren.

Morgenstern befaßte sich vorwiegend mit der Bestimmung des günstigsten Mischungsverhältnisses, der Untersuchung auf Druck- und Stoßfestigkeit, Einwirkung der Säure auf die Zemente und die Adhäsion und Kohäsion um so die Brauchbarkeit der Zemente als Füllungsmaterial zu prüfen.

Zur Herstellung seiner Versuchskörper benutzte er einen Arkansasstein, mit offener weiter Rinne. Die Rinne wurde mit Vaselinöl bestrichen und dann die Zemente hineingebracht. Um einen gleichmäßigen und starken Druck auszuüben wurde ein schweres Bügeleisen benutzt, der Überdruck des Zements entfernt und nach Härtung die Oberfläche mit Sandpapier bis zum gleichen Niveau des Steins geschliffen. Später benutzte dann Morgenstern eine zylindrische Metallform.

Weitere Untersuchungen über Silikatzemente zeigt Richter im Jahre 1910. Nachdem er an Patienten sehr gute Erfahrungen gemacht hatte, untersuchte er die Silikatzemente auf Säuregehalt, nach der Abbindung und Säurewiderstandsfähigkeit. Richter behauptet, daß seine Vorgänger falsche Resultat hätten, da sie die wichtigste Voraussetzung außer Acht gelassen hätten: Wägung der Zementstückchen unter Luftabschluß.

Richter betrachtet es ebenfalls für ausgeschlossen, die Mundverhältnisse genau nachzuahmen.

Seine Festigkeits-Versuche beziehen sich auf Druck- und Zugfestigkeit.

In Beziehung auf die Abbindung, so behauptet Richter: „Alle ernsthaften Silikatforscher sind sich heute darüber einig, daß eine Silikatfüllung, die nicht nach 20 Minuten soweit erhärtet ist, daß ohne viel Schaden Wasser (Speichel) herankommen kann, für die Praxis zweifelhaft, wenn nicht ganz unbrauchbar ist."

Hensel legt allergrößten Wert auf gleiche Versuchskörper. Dazu ist wichtig: Immer dasselbe Mischungsverhältnis, gleiche Art der Vermischung und dieselbe Außentemperatur. Seine Untersuchungen richtete er nach den Forderungen Millers ein.

Dieser verlangte von einem idealen Zement:

1. Genügende Härte.
2. Unveränderlichkeit im Mundspeichel.
3. Unveränderlichkeit der Form des Volumens im Munde.
4. Schlechtes Wärmeleitungsvermögen.

5. Hoher Grad von Anschmiegbarkeit.
6. Ähnliche Farbe.
7. Keine schädigende Wirkung auf die Pulpa.
8. Leichte Einführbarkeit.
9. Geringe Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit.
10. Adhäsionskraft.
11. Antiseptische Wirkung.
12. Leichte Entfernung.

Die Versuche von Lignitz sind besonders der Härtebestimmung eines Zements gewidmet. Er legt seiner Arbeit hauptsächlich die Versuche von Rosival zugrunde, der die Härte zahnärztlicher Materialien dadurch bestimmt, daß er eine bestimmte Menge Schmirgel solange mit dem Prüfungskörper rieb, bis der Schmirgel unwirksam geworden war. Je härter nun das Material war, je weniger ist der Gewichtsverlust, den der Körper durch diesen Schleifprozeß erleidet. Lignitz glaubt durch Zufuhr von möglichst viel Pulver den Härtegrad zu erhöhen.

Die ersten festen Vergleichs- und Gebrauchswerte veröffentlichte Dieck in seiner Arbeit über „Methodische Prüfungen der Silikatzemente".

Er teilte seine Versuche genau ein in

1. Vorbereitende Arbeiten.
2. Chemische und
3. Physikalische Prüfungen.

Auffallend bei Dieck ist, daß er nur Höchstwerte verwandt, im Gegensatz zu anderen Autoren, die die mittleren Werte aus ihren Versuchen zu Vergleichen benützt haben.

Er ging dabei von der Annahme aus, daß ein Höchstwert die günstigsten Bedingungen der Vermischung zur Voraussetzung habe, die ja angestrebt werden soll. Zur Herstellung der Prüfungskörper benutzte er eine Präzisionsleere mit zylindrischer Bohrung von 6 mm Durchmesser.

Vor allem war eine gleichmäßige Herstellung der Prüfungskörper wichtig. Zur Prüfung der Abbindungszeit benutzte Dieck einen Nadelapparat. Der Zement galt als abgebunden, wenn die Nadel nicht mehr meßbar eindrang. Die Prüfungsmasse wurde weder auf der Mischplatte belassen, noch in eine Metallform gefüllt, sondern auf die Spitze eines dünnen Glasstabes gebracht, um den Verlust von Neutralisationswärme, die bei dem Abbindungsprozeß entstand, auf ein Minimum herabzusetzen.

Die Prüfung der Druckfestigkeit versuchte Dieck mit Hilfe der Maschine nach Dr. Zipperer, da die Spindelpresse mit hydraulischer Übertragung des Druckes auf das Manometer keine genauen Resultate gab.

Die maximale Stoßfestigkeit eines Zements bestimmte Dieck mit Hilfe des Fallhammers. Die Stoßfestigkeit wurde in m/kg ausgedrückt.

Wannenmacher brachte im Jahre 1927 eine größere Arbeit über Silikatzemente, wobei er seine Aufmerksamkeit der Feinheit und Zusammensetzung des Pulvers widmete, da die Feinheit des Pulvers großen Einfluß auf die Schnelligkeit und Intensität der Abbindung hat. Je feiner das Pulver, umso rascher und intensiver die Abbindung. Dadurch ist der Feinheit des Pulvers Grenzen gesetzt, da sonst die Verarbeitung des Zements notleiden, wenn nicht unmöglich wäre.

Wannenmacher bringt in seiner Arbeit (verschiedene) Mikrophotographien verschiedener Zemente, die ein deutliches Bild von der Korngröße der Zemente abgeben.

Die letzte Arbeit von Untersuchungen von Silikatzementen veröffentlichte Weikart 1930. Er geht von den 3 Forderungen aus, die Schoenbeck an die Prüfungsmethode gestellt hat:

1. Das Ergebnis der Prüfung muß in Zahlen ausdrückbar sein.
2. Die Fehlerquelle soll möglichst klein und konstant sein.
3. Die Methode soll so beschaffen sein, daß sie nach Möglichkeit die Mundverhältnisse berücksichtigt.

Schoenbeck und Wege äußern sich zur Frage, wann überhaupt ein Zement abgebunden hat, folgendermaßen:

Das Stadium der Erstarrung im Gegensatz zum 2. Stadium der Versteinerung bezeichnet man als Abbindung des Zements. Während dieses Zeitraumes der Abbindung ist der Zement noch gegen Feuchtigkeit empfindlich, („Empfindlichkeitsdauer") nach Dieck. Trotzdem setzt Weikart seine Proben schon nach 20 Minuten Abbindungszeit dem Speichel aus. Er tut dies mit der Begründung, daß ja auch eine Füllung im Munde nach Ablauf der Abbindung genügend Widerstandskraft gegen den Einfluß der Mundflüssigkeit besitzen muß.

Für die Prüfung auf Schlag- oder Stoßfestigkeit benutzt Weikart ebenfalls zylindrische Prüfungskörper, um sie mit Hilfe des Fallgewichtsapparates bis zur Zertrümmerung zu prüfen.

Zur Prüfung auf Druckfestigkeit benutzt er eine Apparatur, die nach dem gleichen Prinzip gebaut war, wie die von Dieck angegebene Tinius-Olsen-Testing Maschine.

Weikart sagt, daß es notwendig wäre, Reihenversuche anzustellen, um eine einwandreife Beurteilung zu ermöglichen, bei denen die Zemente nach verschieden langen Erhärtungszeiten geprüft werden, da einige Präparate erst nach Wochen ihre höchste Festigkeit erreichen. Das Mischungsverhältnis ist nach Weikart von untergeordneter Bedeutung, wenn als Maß für Gleichmäßigkeit die Konsistenz tritt.

Man kann an den vorstehenden Versuchen und Beschreibungen erkennen, wie viele Versuche schon gemacht wurden, um die Brauchbarkeit der Silikatzemente für die zahnärztliche Praxis zu prüfen.

Teils wurden bei den Prüfungen die Mundverhältnisse nachgeahmt, teils waren es reine Laboratoriumsversuche.

Sicher ist, daß die Mundverhältnisse nur sehr schwer und dann unvollkommen nachzuahmen sind, anderseits die Zemente sich bei Mundverhältnissen kaum anders verhalten, wie im Laboratorium. Aus diesen Gründen wurde von einer Nachahmung der Mundverhältnisse in den folgenden Versuchen abgesehen, um dafür die allergrößte Gleichmäßigkeit in den Versuchen zu berücksichtigen.

Die Versuche zur Bestimmung der Abbindungsdauer.

Zur Prüfung kamen folgende Zemente in nachstehenden Mischungsverhältnissen:

Phosphatzemente:

	Pulver : Säure		
Jacobsen Phosphat	100 : 100,	100 : 70,	100 : 60
Fixodont	100 : 100,	100 : 60	
Degusa Kronen	100 : 100,	100 : 60	

Silikatzemente:

	Pulver : Säure	
Silikat Degusa	100 : 60,	100 : 50
Syntrex	100 : 60,	100 : 50
Sithodont	100 : 100,	100 : 80
Transluzin	100 : 60,	100 : 50

Steinzemente:

Solila	100 : 100,	100 : 60

Um immer dasselbe Mischungsverhältnis zu erzielen, wurde das Pulver genau abgewogen, da sich beim Abmessen in einem Gefäß von bestimmten Volumen sich Fehler bei nachträglichem Wägen herausgestellt haben. Eine genaue Flüssigkeitsbestimmung erhält man durch folgende Methode:

Eine Pipette wird mit 2 Skalenteilen versehen und die Flüssigkeit bis zum oberen Skalenteil angesaugt; sodann läßt man die Flüssigkeit bis zum unteren Skalenteil ablaufen und wiegt diese Flüssigkeitsmenge. Dies Verfahren hat sich schon bei früheren Versuchen als sehr gut bewährt (Schmidt).

Da es für die Genauigkeit der Werte wichtig ist, nicht nur immer dasselbe Mischungsverhältnis zu haben, sondern überhaupt jede Arbeit gleichmäßig zu gestalten, so wurde auch großer Wert auf die Gleichmäßigkeit des Anrührens gelegt.

Ich verfuhr bei meinen Versuchen so, daß ich zuerst $^2/_3$ des Pulvers mit der Flüssigkeit innig vermischte, um das letzte Drittel allmählich zuzugeben.

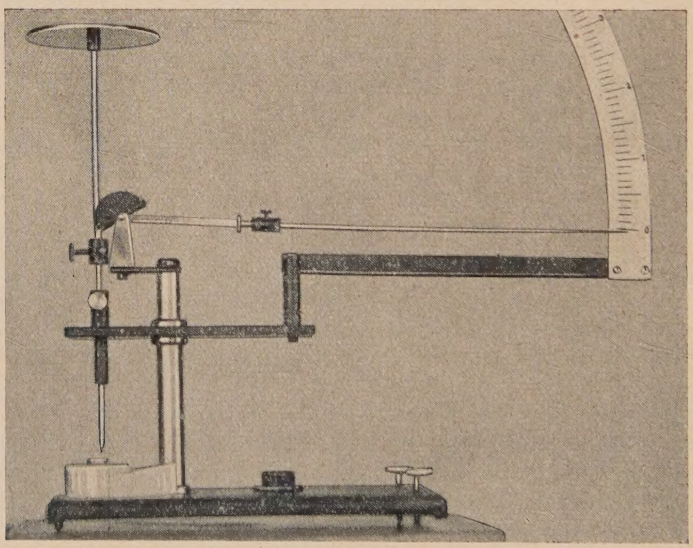
Zu meinen Versuchen benutzte ich als Anrührplatte dieselbe dünne Glasplatte, um den Verlust von Neutralisationswärme, die sich bei der Abbindung entwickelt, auf ein Minimum zu beschränken.

Als Anrührzeit nahm ich mir 1 Minute, um die Masse in die Form zu bringen ½ Minute Zeit. Mit einem Achatspatel wurden sämtliche Proben gemischt.

Als Form benutzte ich einen Objektträger, der in der Mitte einen Glaszylinder von 1 mm Höhe und 12 mm Durchmesser trug. Dadurch bekam ich eine genaue Messung zu jeder Zeit während der Abbindung. Die Nadel, die mit 30 g beschwert war, ließ ich von Minute zu Minute in den Zement eindringen und erhielt so ein genaues Bild der Abbindungskurve.

Sämtliche Versuche, vom Mischen und Anreiben bis zur beendigten Abbindung wurden bei gleicher Temperatur von 22° ausgeführt, da bekanntlich Temperaturunterschiede eine große Rolle bei der Abbindung spielen. Je höher die Temperatur, um so rascher die Erhärtung.

Die Erhärtung wurde mit Hilfe des Dieck'schen Nadelapparates, der etwas abgeändert wurde (Abb. 1), gemessen.



Unter Abbindung versteht man die Zeit, die verstreicht, vom beendigten Anrühren bis zum Augenblick, wo Nadel nicht mehr meßbar eindringt.

Beginnende Erhärtung ist die Zeit vom beendigten Anrühren bis zu dem Augenblick, wo Nadel nicht vollkommen durch die Zementmasse durchdringt.

Beendigt ist die Erhärtung, wenn die Nadel nicht mehr meßbar eindringt.

Die Ergebnisse sind in Kurvenform aufgezeichnet (Abb. 2—9).

Jacobsen Phosphatzement

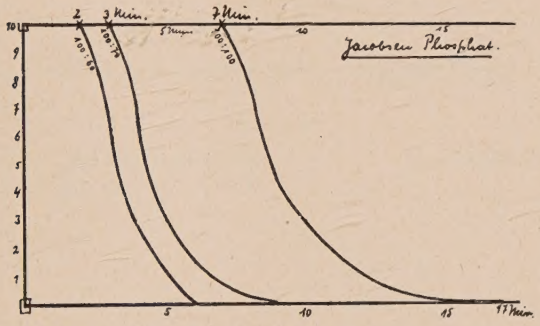


Abb. 2.

X Beginn der Erhärtung.

Mischung: Pulver : Säure = 100 : 60
Pulver : Säure = 100 : 70
Pulver : Säure = 100 : 100

Fixodont

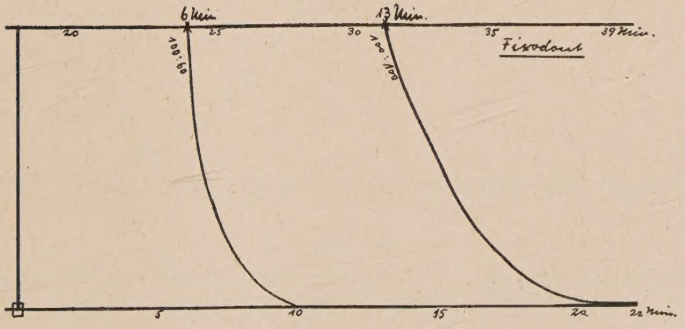


Abb. 3.

X Beginn der Erhärtung.

Mischung: Pulver : Säure = 100 : 60
Pulver : Säure = 100 : 100

Degussa Kronenzement

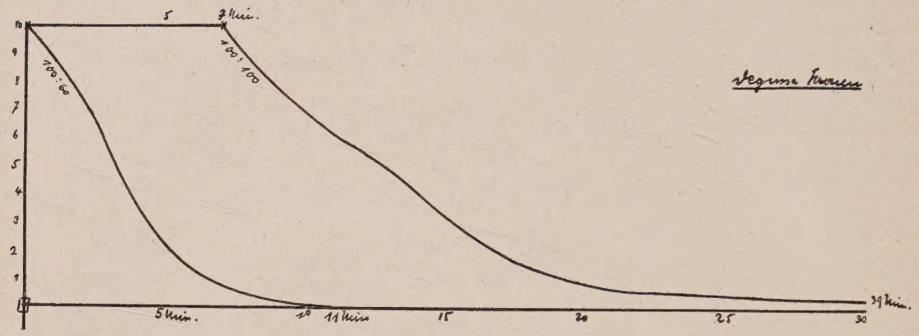


Abb. 4.

X Beginn der Erhärtung.

Mischung: 100 : 60 = Pulver : Säure.
100 : 100 = Pulver : Säure.

Solila de Trey Steinzement

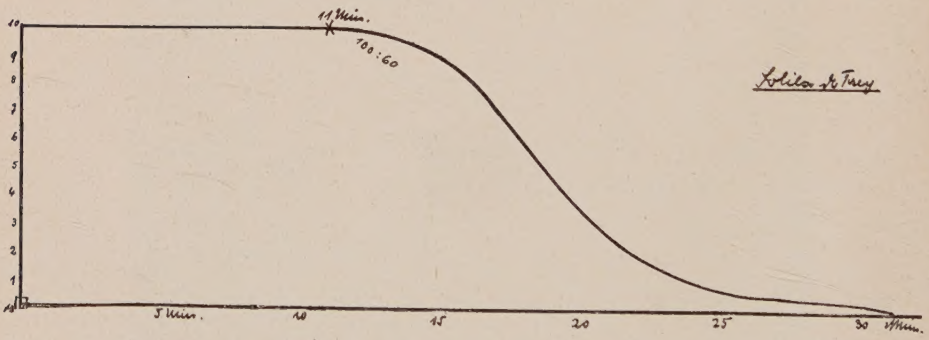


Abb. 5.

X Beginn der Erhärtung.

Mischung: Pulver : Säure = 100 : 60
Pulver : Säure = 100 : 100

Degussa Silikatzement

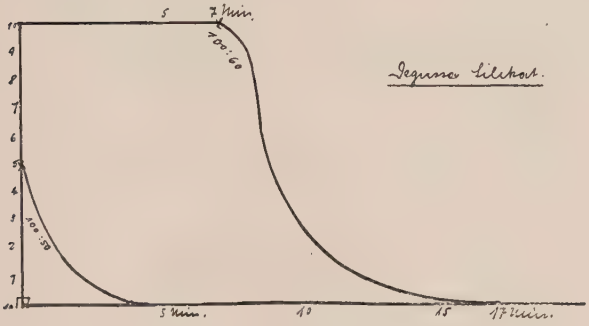


Abb. 6.

Mischung: Pulver : Säure = 100 : 50 X Beginn der Erhärtung.
Pulver : Säure = 100 : 60

Syntrex

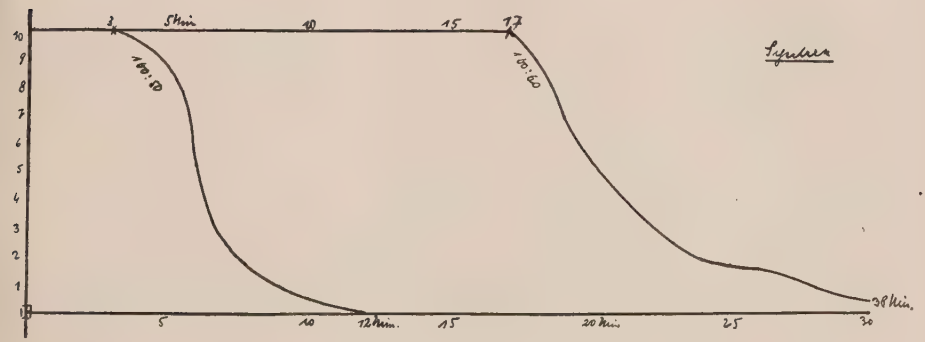


Abb. 7.

Mischung: Pulver : Säure = 100 : 50 X Beginn der Erhärtung.
Pulver : Säure = 100 : 60

Lithodont

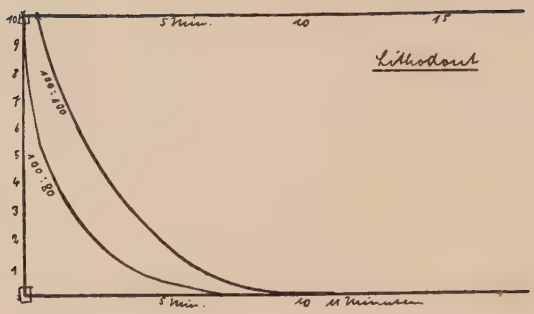


Abb. 8.

Mischung: 100 : 80 = Pulver : Säure. X Beginn der Erhärtung.
100 : 100 = Pulver : Säure.

Transluzin

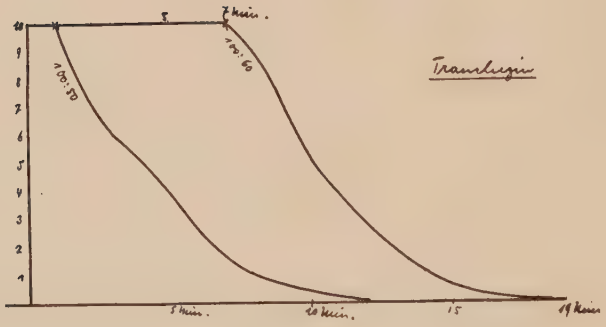


Abb. 9.

Mischung: Pulver : Säure = 100 : 50 X Beginn der Erhärtung.
Pulver : Säure = 100 : 60

Man erhält dadurch ein sehr schönes Bild über den Ablauf der Abbindung. Von einem idealen Zement wünschen wir doch, daß er anfangs nur langsam abbindet, um eine gute Verarbeitung zu ermöglichen, sodann aber rasch erhärtet, damit durch später hinzutretenden Speichel die Zementfüllung in ihrer Haltbarkeit nicht mehr gefährdet ist.

Tabelle 1 zeigt Abbindungs- und Erhärtungszeiten der untersuchten Phosphatzemente im Mischungsverhältnis 100:100, Tabelle 2. Mischverhältnis 100:60.

Tabelle 1. Mischungsverh. 100:100.

Phosphatzemente.

	Beginn. Erhärtg. nach	Beendigt. Erhärtg. nach
Jacobsen	8 Min.	17 Min.
Fixodont	14 „	22 „
Degussa	28 „	22 „
Solila Stein	37 „	105 „

Tabelle 2. Mischungsverhält. 100:60.

	Beginn. Erhärtg. nach	Beendigt. Erhärtg. nach
Jacobsen	3½ Min.	9 Min.
Fixodont	6½ „	10 „
Degussa	12 „	22 „
Solila Stein	11 „	31 „

Tabelle 3 und 4 zeigen die Abbindungszeiten der Silikatzemente:

Tabelle 3.

	Mischverh.	Beginn. Erh. nach	Ende d. Erh. nach
Degussa Silikat	100 : 60	8 Min.	17 Min.
Syntrex	100 : 60	18 „	38 „
Lithodont	100 : 100	1 „	11 „
Transluzin	100 : 60	8 „	19 „

Tabelle 4.

	Mischverh.	Beginn. Erh. nach	Ende d. Erh. nach
Degussa Silikat	100 : 50	¼ Min.	5 Min.
Syntrex	100 : 50	5 „	12 „
Lithodont	100 : 50	½ „	7 „
Transluzin	100 : 50	1½ „	14 „

Von jedem Mischungsverhältnis unternahm ich mindestens 2 Prüfungen und bestimmte bei Abweichungen den Mittelwert.

Die Abbindungszeiten von Minute zu Minute sind aus den Kurven ersichtlich, brauchen hier also nicht besonders angeführt zu werden.

Fehlerquellen ergeben sich bei Messung mit Hilfe des Nadelapparates durch dauernde Störung des Abbindungsprozesses durch Eindringen der Nadel. Dies wäre hauptsächlich für Untersuchungen auf Schlag und Druckfestigkeit wichtig. Das käme also hier nicht in Frage. Aber das andere Moment dürfte von Wichtigkeit sein und das ist das durch den Nadeleinstich entstandene Loch. Dadurch kommt natürlicherweise Luft in die Zementmasse und der Prozeß geht rascher vor sich. Auf der anderen Seite verlangsamt sich der Prozeß allerdings durch den Verlust von Neutralisationswärme, so daß man annehmen könnte, ziemlich genaue Zahlen für die Abbindung zu erhalten.

Prüfung auf Stoßfestigkeit.

Um die Stoß- oder Schlagfestigkeit zu prüfen, wurde der Fallgewichtsapparat benutzt, wie er in Abb. 10 zu sehen ist. Das Fallgewicht

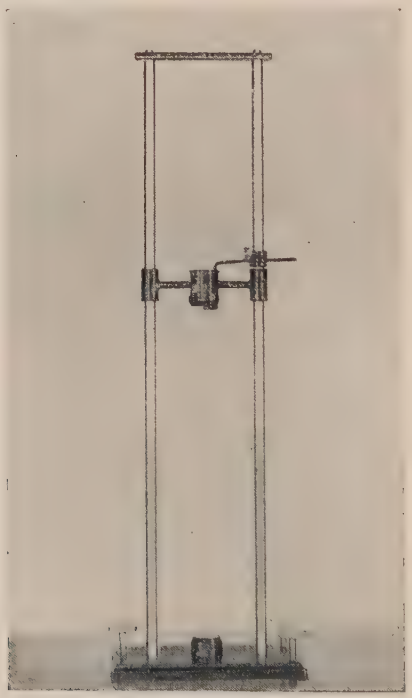


Abb. 10.

beträgt 310 g und läuft in 2 Stahlstangen. Die Reibung bei diesem Apparat ist sehr minimal und braucht in unserem Falle nicht berücksichtigt zu werden.

Als Prüfungskörper wurden Würfel von der Ausdehnung von 0,5 cm benutzt, im Gegensatz zu Dieck und Weikart, die zu ihren Versuchen zylindrische Probekörper bevorzugten. Als Anrührzeit benutzte ich ebenfalls eine Minute und um die Masse in die Form zu bringen ½ Minute.

Zuletzt wurde die Form mit einer Glasplatte zugedeckt und gleichmäßig mit einem Gewicht von 4 kg beschwert.

Die Form selbst bestand aus einem Metallring von 0,5 cm Höhe, in welchen eine Metallplatte paßte, die in ihrem Durchmesser zerlegbar war; in der Mitte dieser Platte befand sich die Würfelform. Nachdem die Masse in diese Leere gebracht war, wurde als Abschluß eine Glasplatte darübergebracht und mit diesem 4 kg Gewicht beschwert.

Der überschüssige Zement wurde mit Sandpapier entfernt. Die Würfel wurden alle einwandfrei aus der Form entnommen und mit Vaseline überzogen. Die Würfelform wurde vor dem Einbringen der Masse ebenfalls mit Vaseline eingefettet.

Sämtliche Würfel blieben 15 Minuten in der Form, ausgenommen der Steinzement Solila und Silikatzement Syntrex, die erst nach 30 Minuten erhärtet waren und aus der Form genommen werden konnten.

DieVorbereitung der Würfel und die Versuche wurden ebenfalls bei einer Außentemperatur von 22° gemacht.

Nachdem die Probekörper mit Vaseline isoliert waren, wurden sie 2 Stunden liegen gelassen und sodann den Schlagversuchen ausgesetzt. Andere Probekörper, die unter denselben Bedingungen angefertigt wurden, kamen aus der Form nach 15 Minuten, bzw. Solila und Syntrex nach 30 Minuten in destilliertes Wasser und wurden erst nach 2 Tagen der Prüfung durch den Fallhammer ausgesetzt.

Die Resultate sind nach dem Gesetz:

$$A = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{2}$$

errechnet $G = 310$ g, $g = 9{,}81$, $v^2 = 2\,g\,h$ und in Tabelle 5 und 6 wiedergegeben.

Sämtliche Versuche wurden zweimal unternommen und daraus der Mittelwert bestimmt.

Tabelle 5.

Phosphatzemente.

	Fallhöhe in cm	in kg pro cm
Jacobsen	3	0,93
Fixodont	4	1,24
Degussa	5	1,55
Solila Stein	5	1,55

Versuch nach 2stündiger Lagerung, Prüfungskörper mit Vaseline überzogen.

Mischverhältnis	100 : 60, bei
Lithodont	100 : 80, da
Mischungsverhältnis	100 : 60 nicht

mehr zu verarbeiten war.

Tabelle 6.

	Fallhöhe in cm	in kg pro cm
Degussa Silikat	7	2,17
Syntrex	7	2,17
Lithodont	10	3,1
Transluzin	5	1,55

Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse der Prüfung von Phosphatzementen nach 2tägiger Lagerung in destilliertem Wasser.

Tabelle 7.

Mischungsverhältnis 100 : 60.

	Fallhöhe in cm	kg pro cm
Jacobsen	7	2,17
Fixodont	6	1,86
Degussa	5	1,55
Solila Stein	7	2,17

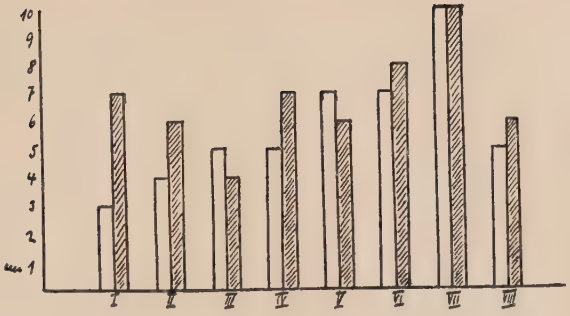
Aus dieser Tabelle 7 im Vergleich zu Tabelle 5 ist zu ersehen, daß sämtliche Zemente außer Degussa, welcher die gleiche Schlagfestigkeit beibehalten hat, eine erhöhte Schlagfestigkeit bewiesen haben, nachdem sie in Wasser gelagert waren.

Tabelle 8 zeigt nun die Silikatzemente nach 2tägiger Lagerung in Wasser.

Tabelle 8.

Mischverhältnis	100:60
Lithodont	100:60

	Fallhöhe in cm	kg pro cm
Degussa Silikat	6	1,86
Syntrex	8	2,48
Lithodont	10	3,1
Transluzin	6	1,86

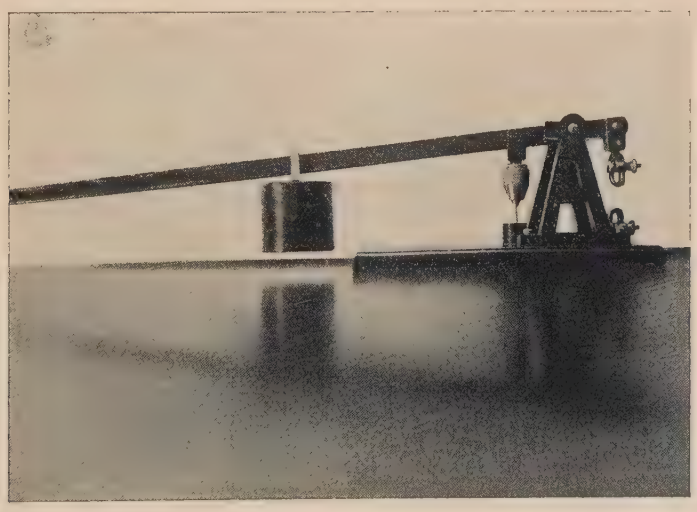


I: Jacobsen
II: Fixodont
III: Degussa Kronen
IV: Solila Stein
V: Degussa Silikat
VI: Syntrex
VII: Lithodont
VIII: Tranzluzin

▯ nach 2 Stunden ▤ nach 2 Tagen in H 2 o

Vergleichen wir nun sämtliche Zahlen, so finden wir, daß Lithodont in jeder Beziehung am besten abgeschnitten hat.

Damit soll nun nicht gesagt sein, daß Lithodont tatsächlich der beste Silikatzement ist, da noch eine große Zahl anderer Faktoren ausschlaggebend sind.



Prüfung auf Druckfestigkeit.

Die Prüfung auf Druckfestigkeit wurde mit einem Apparat durchgeführt, der nach dem Hebelprinzip gebaut war (Abb. 3).

Die Belastung, die auf dem Hebelarm verschieblich war, betrug 10 kg.

Bei jedem Zement wurde mit derselben Stufe mit der Belastungsprüfung begonnen und 10 Sekunden belastet. Das Gewicht wurde sodann verschoben und wiederum 10 Sekunden belastet. Das Gewicht wurde solange verschoben, bis die Zertrümmerung des Prüfkörpers erfolgte.

Zur Herstellung des Prüfungskörpers wurde dieselbe Form benutzt, wie zur Herstellung der Prüfungskörper zur Bestimmung der Stoßfestigkeit.

Die Bedingungen zur Herstellung (Außentemperatur, gleiche Glasplatte, Anrührzeit usw.) waren ebenfalls dieselben.

Versuche wurden gemacht:

1. Nach 2stündiger Lagerung mit Vaselinüberzug.
2. Nach 2tägiger Lagerung in Wasser.

Die Resultate sind aus Tabelle 9 u. 10 ersichtlich.

Tabelle 9.

Phosphatzemente.

Druck in kg pro cm² gemessen.

Mischverhältnis 100:60

	nach 2 Stunden	nach 2täg. Lag. in H2o
Jacobsen	576 kg pro cm²	768 kg pro cm²
Fixodont	800 „	608 „
Degussa	364 „	704 „
Solila Stein	832 „	1056 „

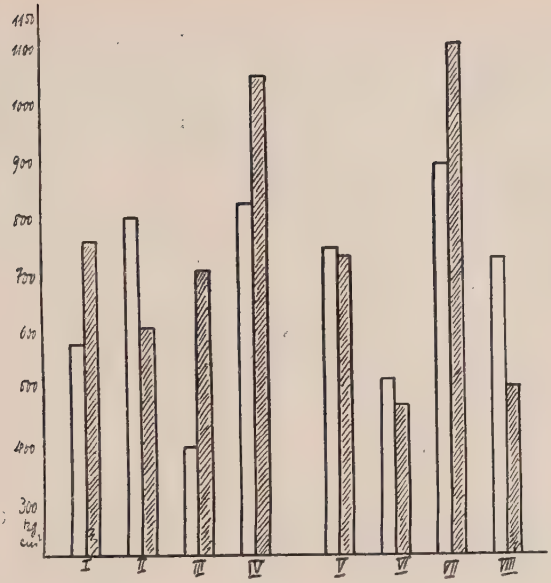
Hier ist Solila Steinzement, der mit seiner langen Abbindezeit eine sehr hohe Druckfestigkeit erreicht. Auch hier liegen die Werte wesentlich höher, nachdem die Zemente in Wasser gelagert sind.

Tabelle 10.

Silikatzemente.

Mischungsverhältnis 100:60

	nach 2 Stunden	nach 2täg. Lag. in H2o
Degussa Silikat	736 kg pro cm²	720 kg per cm²
Syntrex	512 „	480 „
Lithodont	896 „	1120 „
Transzulin	736 „	480 „



I: Jacobsen
II: Fixodont
III: Degussa Kronen
IV: Solila Stein
V: Degussa Silikat
VI: Syntrex
VII: Lithodont
VIII: Tranzluzin

nach 2 Stunden

nach 2 Tagen in H2o

Auch hier liefert das günstigste Resultat der Silikatzement Lithodont.

Stoß- und Druckversuche nach Herstellung der Masse nach Fabrikangabe.

Um eine vollständig einwandfreie Beurteilung der Güte der einzelnen Silikatzemente zu gewährleisten, wurden noch weitere Proben gemacht und zwar mit dem Mischungsverhältnis nach Fabrikangabe. Ich ging wie Weikart bei seinen Versuchen vor, der die Konsistenz der Silikatzementmasse einem bestimmten Mischungsverhältnis vorzog. Ich ging dabei folgendermaßen vor: Eine bestimmte Gewichtsmenge Säure und Pulver wurde auf die Glasplatte gebracht und $^1/_3$ des Pulvers mit der Säure innig vermischt, dann allmählich Pulver zugegeben, bis die Mischung die richtige Konsistenz aufwies. Dann wurde das übrig gebliebene Pulver gewogen, und aus dem verbrauchten Pulver und der Säure das gebrauchte Mischungsverhältnis er-

rechnet. Was die richtige Konsistenz anbetrifft, so soll eine Silikatzementmasse nach fertigem Vermischen nicht mehr glänzen, sondern ein mattes Aussehen besitzen. Hebt man den Spatel mit der Masse hoch, so muß die Masse breit abreißen. Sind diese Zeichen vorhanden, so hat man zweifellos die richtige Mischung

1. zur richtigen Verarbeitung und
2. was die spätere Festigkeit auf Druck und Stoß anbetrifft.

Als günstige Mischungsverhältnisse zur Verarbeitung für folgende Silikatzemente wurden gefunden:

Tabelle 11.

1. Degussa Silikat	Pulver	Säure	= 100 : 50
2. Syntrex	„	„	= 100 : 40
3. Lithodont	„	„	= 100 : 80
4. Tranzluzin	„	„	= 100 : 45

Mit diesen Mischungsverhältnissen wurden nun aufs Neue Stoß- und Druckversuche gemacht, um keinen der Zemente zu benachteiligen und Fehler auszuschalten.

Jeder Versuch wurde doppelt angestellt und der Mittelwert bestimmt. Die Prüfungskörper wurden nach 15 Minuten aus der oben beschriebenen Form genommen, mit Vaseline überzogen und nach 2 Stunden den Prüfungen ausgesetzt.

Die Resultate ergaben Folgendes:

Stoßversuche von Mischungsverhältnissen nach Fabrikangabe.

	Misch.-verh.	Fallhöhe in cm	Druckfestgk. in kg pro cm
Degussa Silikat	100 : 50	7	800
Syntrex	100 : 40	7	608
Lithodont	100 : 80	10	1120
Transluzin	100 : 45	8	704

Das vollständig verschiedene Mischungsverhältnis der Silikatzemente ist zum großen Teil von der Korngröße abhängig. Je grobkörniger der Zement, ein um so größeres Volumen wird er einnehmen. Das hat sich bei Lithodont sehr deutlich gezeigt, da das Pulver gleichmäßig grobkörnig war und viel Säure notwendig war, um eine richtige Konsistenz der Masse zu bekommen.

Sein Mischungsverhältnis lag auch sehr hoch bei

Pulver: Säure = 100 : 80

Natürlicherweise spielen auch die Bestandteile des Zementes selbst eine Rolle.

Mit diesen voneinander getrennten Versuchsanordnungen glaube ich nun den verschiedensten Ansprüchen gerecht zu werden. Es wurde gezeigt, wie sich die Zemente verhalten

1. bei gleichem Mischungsverhältnis und
2. bei besonderer Berücksichtigung der Konsistenz der Silikatzementmasse.

Um nun ein Bild über die Silikatzemente und ihre Brauchbarkeit zu geben, möchte ich nicht versäumen, sämtliche Resultate in einer großen Tabelle anzuführen. Sie diene dazu, einen besseren Vergleich zwischen den verschiedenen Silikatzementen zu ermöglichen.

Die Zahlen sprechen in unserem Falle eine deutliche Sprache, da die Unterschiede oft sehr kraß aus einer Tabelle hervorgehen.

Tabelle 12a.

Stoßfestigkeit, Druckfestigkeit:

	Misch.-Verh. P : S	Abbindgzeit. in Min.	cm n. 2 Std.	nach 2täg. Lag. ink.	kg cm nach 2 Std.
Jacobsen	100 : 60	6½	3	7	576
Fixodont	100 : 60	10	4	6	800
Degussa	100 : 60	22	5	4	368
Solila Stein	160 : 60	31	5	7	832

	in kg nach 2 Tagen	günst. Mischv. P : S					
	768						
	608						
	704						
	1056						
							günst. Mischver.
Degussa Silik.	100 : 60	17	7	6	736	720	100 : 50
Syntrex	100 : 60	38	7	8	512	480	100 : 40
Lithodont	100 : 80	11	10	10	896	1120	100 : 80
Transluzin	100 : 60	19	5	6	736	480	100 : 45

Prüfung nach 2 Stunden	
Stoß	Druck
7	800
7	608
10	1900
8	704

Sehen wir nun diese Zahlen genauer an, so können wir bemerken, daß die Mehrzahl der Zemente ganz gut abschneidet. Allerdings hebt

sich ein Silikatzement besonders hervor, das ist Lithodont, der bei allen Versuchen mit Höchstwerten abgeschnitten hat. Er bindet wohl etwas rasch ab; bei einiger Geschicklichkeit des Zahnarztes dürfte aber noch genügend Zeit vorhanden sein, eine ordentliche Füllung zu legen.

Als nächster beachtlicher Silikatzement dürfte derjenige von Degussa sein, der wegen seiner über dem Durchschnitt stehenden Gleichmäßigkeit in sämtlichen Versuchen, den Anforderungen in der Praxis immer genügen wird.

Man darf aber immer noch erwähnen, daß trotz der imponierenden Zahlen die Belastungsgrößen erheblich höher liegen, wie dies Weikart zeigte.

Man darf für die natürliche Zähne im Durchschnitt 5mal höhere Werte annehmen. Es ist deswegen notwendig die mechanische Qualitäten der Zemente zu verbessern. Nicht allein im Interesse des Bestandes der Füllung, besonders auch im Interesse des Zahnes und damit der Pulpa selbst. Je leichter ein Teil der Füllung abbröckelt, um so eher Gefahr von sekundärer Caries mit all ihren Folgen.

Oberste Tendenz in der konservierenden Zahnheilkunde muß nämlich sein die Pulpa zu erhalten, um so die fragwürdige Wurzelbehandlung zu umgehen.

So wirken sich die zunächst rein mechanisch aussehenden Eigenschaften der Zemente auch allgemein aus.

Wenn man in Betracht zieht, daß ein mangelhaftes Füllungsmaterial Sekundärkaries und Pulpentod herbeiführen kann, und die zuletzt eine Eintrittspforte für eine Infektion darstellt. Gerade heute ist die Frage der Fokalinfektion sehr akut und wir müssen bestrebt sein, durch ein gutes Füllungsmaterial diese Gefahr zu bannen.

Zu Lithodont möchte ich noch ergänzend bemerken, daß derselbe auch in anderen angestellten Versuchen z. B. Voluminschwankungen, Färbbarkeit, Löslichkeit in Säure usw. gut abgeschnitten hat.

Doch sind wir noch lange nicht so weit, einen der Zemente als ideal ansprechen zu können. Wir brauchen deshalb aber die Hoffnung nicht aufgeben, denn die Verbesserungen, die in den letzten Jahren an den Silikatzementen gemacht wurden, geben berechtigten Anlaß zu der Hoffnung, daß durch eingehende Versuche der Silikatzemente dieselben bald den schärfsten Anforderungen genügen werden.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich nicht versäumen Herrn Prof. Dr. Wannenmacher für die freundliche Überweisung des Themas und die liebenswürdige Unterstützung meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Literatur.

Dieck: Über methodische Prüfung der Silikatzemente. D. M. f. Z. 1922, Heft 22.

Kulka: Aschers künstlicher Zahnschmelz, a. U. V. f. Z. 1905, Nr. 3.

Kulka: Über die wichtigsten mechanischen und einige chemische Eigenschaften der Silikat- und Zinkphosphatzemente. Ol. U. V. f. Z. 1907, Nr. 4.

Morgenstern: Untersuchungen der Silikat- und Zinkphosphatzemente unter besonderer Berücksichtigung ihrer physikalischen Eigenschaften. Oe. M. V. f. Z. 1905, Nr. 4.

Richter: Weitere Erfahrungen und Versuche mit Silikatzementen. D. M. f. Z. 1910, Nr. 6.

Rawitzer: Chemie der Silikatzemente. D. M. f. Z. 1909, Nr. 4.

Schreiber: Kritische Studien der jüngsten Arbeiten über Silikatzemente. D. Z. W. 1909, Nr. 5.

Wannenmacher: Silikatzemente. F. d. Z. 1927, Bd. S, 1.

Weikart, Untersuchungen über Silikatzemente. D. M. f. Z. 1930.

Lebenslauf.

Ich, Richard von Hofen, bin am 19. Juli 1908 als Sohn des Werkmeisters Reinhold von Hofen in Stuttgart geboren. In Feuerbach besuchte ich die Oberrealschule, wo ich im März 1927 die Reifeprüfung ablegte. Im Sommer 1927 bezog ich die Tübinger Universität, um mich dem Studium der Zahnheilkunde zu widmen. Daselbst verbrachte ich meine ersten 3 Semester, um Anfang des 4. Semesters mein Physikum abzulegen. Im 4. Semester war ich in Leipzig, Sommersemester 1929 wieder in Tübingen. Im Winter 1929/30 studierte ich in Berlin, und im Sommer 1930 in Wien. Das Wintersemester 1930/31 verbrachte ich wieder in Tübingen, um im Frühjahr mein Staatsexamen abzulegen.